

# 内蒙古老国营子 金铜矿床地质-地球物理勘查与研究

陈伟军<sup>1</sup>, 蒋鑫<sup>2</sup>, 洪万华<sup>3</sup>

(1. 中国冶金地质总局矿产资源研究院, 北京 101300; 2. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083;  
3. 贵州省地矿局 103 地质大队, 贵州铜仁 554300)

**[摘要]** 内蒙古老国营子金铜矿床是近年来利用地质与地球物理相结合手段新发现的一个矿床。本次研究利用基于电磁原理的地球物理手段进行了找矿测试, 结果表明: 甚低频(VLF)地球物理扫描发现了近 EW 向和 NW 向的高阻带, 分别对应了两条相应的矿化蚀变带。音频大地电磁法(EH4)测深影像显示矿化蚀变带表现为高阻异常带, 与 VLF 的测量结果相一致。激电(IP)中梯测量显示矿化蚀变带具有高阻、高充电率和高金属因子异常特征。结合具体的地质特征, 在老国营子金铜矿区综合运用这三种地球物理方法, 取得了较好的找矿效果。

**[关键词]** 地球物理勘查 VLF EH4 IP 老国营子

**[中图分类号]** P631.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2016)02-0246-05

DOI:10.13712/j.cnki.dzykt.2016.02.006

Chen Wei-jun, Jiang Xin, Hong Wan-hua. Geological and geophysical exploration and research in the Laoguoyingzi Au-Cu deposit, Inner Mongolian, China[J]. *Geology and Exploration*, 2016, 52(2): 0246-0250

## 0 引言

老国营子金铜矿床位于内蒙古自治区赤峰市阿鲁科尔沁旗双胜镇老国营子自然村南 50m, 地质工作程度较低, 仅在上世纪 80 年代开展过 1:20 万区域地质调查。基于找矿工作的需要, 本次运用地质调查和甚低频(VLF)、音频大地电磁法(EH4)和激电(IP)中梯测量等地球物理手段综合研究后发现老国营子矿区是具有值得进一步深入评价的地区。

## 1 区域地质概况

本区大地构造位置位于天山-内蒙古中部-兴安地槽褶皱系的东部, 兴安地槽之南缘, 大兴安岭南坡的边缘地带(李德亭等, 2005b), 属于天山-兴安成矿域。区域上既有加里东期和海西期成矿系统, 又发育燕山期成矿系统, 两者的相互叠加或转换是本区成矿的一个特色(翟裕生等, 1999)。本地区整体可分为两个大的构造层: 上部的燕山构造层和

下部的晚古生代构造层。下构造层以大石寨组海相火山岩、火山碎屑岩和碳酸盐建造为代表, 总体呈 NE 走向, 发育轴向 NE 的复式背斜构造, 老国营子-扁扁山一带应为该复式背斜的东南翼。复式背斜的西北翼应位于巴林左旗姜家湾-白音敖包一带。本区的一级断裂构造总体上呈 EW 向和 NE 向, 其中 EW 向断裂主要受下构造层的基底构造控制, 而 NE 向断裂则是继承基底断裂基础上受到了燕山期 NE 向构造的进一步改造。本地区控矿断裂构造系统主要为 SEE 向和近 EW 向, 它们可能属于低序次断裂矿化系统。

## 2 矿床地质特征

老国营子矿区地层隶属于天山-兴安岭地层区的兴安岭分区之林西小区。矿区出露地层有二叠系下统大石寨组, 侏罗系中统新民组、上统满克头鄂博组和玛尼吐组, 第四系松散堆积(贾长顺等, 2005; 李德亭等, 2005a)。矿区岩浆岩为辉绿岩和细粒辉长岩, 呈岩株状出露, 岩石普遍发育绿泥石化, 侵入

[收稿日期] 2015-12-01; [修订日期] 2016-03-11; [责任编辑] 陈英富。

[第一作者] 陈伟军(1981 年-), 男, 博士, 工程师, 从事金属矿产研究工作。E-mail: chenwj1981@126.com。

[通讯作者] 洪万华(1980 年-), 男, 高级工程师, 主要从事地球化学勘察、地质找矿预测工作。E-mail: 842946875@qq.com。

于大石寨组地层。岩石呈墨绿色,辉绿结构,块状构造。主要矿物为斜长石(60%)、普通辉石(15%~28%)和绿泥石(20%~25%),副矿物为磷灰石和帘石族矿物。富钠贫钾,属于钙碱性系列。同时,本区还发育大量的花岗斑岩、石英斑岩、霏细岩、细晶岩、闪长玢岩、辉绿玢岩等燕山期脉岩。老国营子金铜矿床赋存于下二叠统大石寨组的上部,大石寨组地层为灰黑色(灰绿色)英安岩、安山岩、流纹质晶屑凝灰岩、深灰色斑点状砂板岩和灰色含生物碎屑的鲕状灰岩。鲕状灰岩中含早二叠世早期的腕足类化石(王友勤等,1997),总厚度超过2000m。

矿区紧邻老国营子村,基岩露头较少,多被农田等第四系沉积物覆盖(图1)。根据地表露头和探槽揭露情况,可以区分出两个矿化带。I号矿化蚀变带应赋存大石寨组中性火山岩-火山碎屑岩与南侧的花岗岩体的外接触带上,II号矿化带则赋存在大石寨组蚀变火山岩中。通过对I号矿化带初步揭露的探槽和矿区南部小规模基岩露头的观察,矿化系统的走向为近EW向,TC1~TC4对I号矿化带的实际走向控制长度已超过80m,宽度大于25m。

矿床矿化类型以蚀变型Au-Cu矿化为主,辅以石英脉型Au-Cu矿化,岩体与围岩接触带是重要的控矿位置。矿石矿物主要为黄铁矿、黄铜矿、蓝铜矿、孔雀石等,脉石矿物为石英、方解石、绢云母等。矿石矿物呈稀疏浸染状分布于蚀变岩之中。矿床围岩蚀变为弱硅化、绢云母化和褐铁矿化等。

矿石构造主要为碎裂构造-角砾状构造和浸染状构造,为矿化和蚀变的安山岩发生构造破裂而形成,近地表因氧化作用而变得十分松散。碎裂的岩块多表现为棱角状和次棱角状,胶结物为粘土矿物和隐晶石英;浸染状构造主要发育在矿化带硅化较为强烈的部位,表明原岩为安山岩,但由于浅裂的硅化、青磐岩化和黄铁矿化等,矿化岩石变为致密块状。

### 3 地球物理勘查

#### 3.1 甚低频(VLF)测量与异常解释

甚低频电磁法是基于电磁原理的地球物理探测手段,最初主要应用在工程地质调查、探测地下含水构造和地质填图等方面(史保连,1986;高飞等,2001;姬广柱等,2002)。由于其轻便、快速、经济、高效等优点,近年来在金属、非金属矿床的找矿勘查尤其是隐伏-半隐伏矿体的空间定位预测中也获得了广泛的应用(张寿庭等,1999;白大明等,2002;刘红涛等,2004)。老国营子矿区基岩出露较少多被

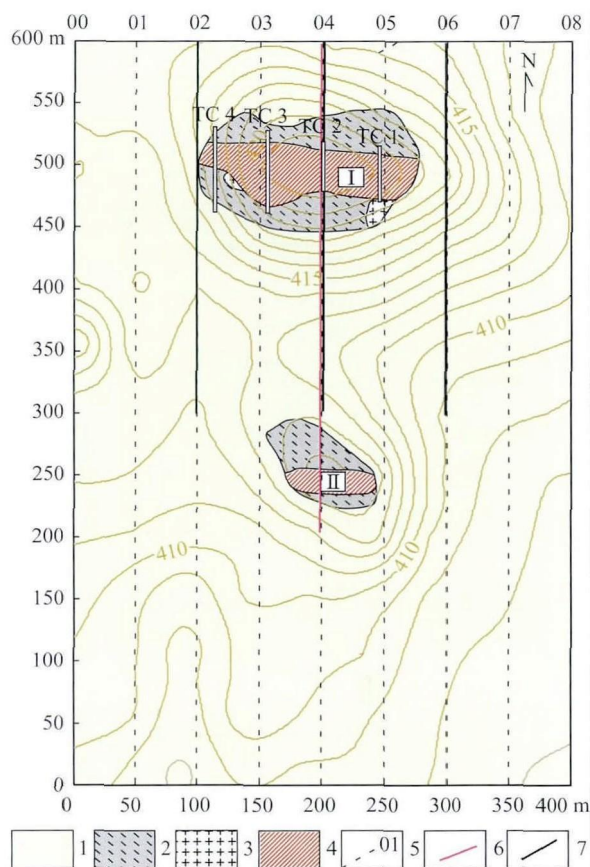


图1 老国营子矿区地形地质简图与VLF测线部署

Fig.1 Laoguoyinzi deposit area geological sketch and VLF mining line deployment

1 - 黄土;2 - 硅化蚀变安山岩;3 - 褐铁矿化蚀变安山岩;4 - 矿化带及编号;5 - 甚低频测量线;6 - EH4 测量线;7 - 激电测量线  
1 - loess; 2 - silicification altered andesite; 3 - limonite alteration andesite; 4 - mineralization belt and serial number; 5 - VLF measuring line; 6 - EH4 measuring line; 7 - IP measuring line

第四系覆盖,本次工作采用甚低频进行了扫面工作。

#### 3.1.1 VLF 测线部署

VLF工作采用方位SN向,线距50m、点距10m,长度400m的规格进行扫面测量(图1)。东西控制矿带长度为600m,控制面积为0.24平方公里(400m×600m),共完成9条测线。使用的仪器为ABEM-WADI,测量时接受澳大利亚台(22.3 kHz)发出的电磁信号。

#### 3.1.2 VLF 结果与认识

图2可以看出,在VLF测量覆盖的区域里,显示出近EW向和NW两个方向的高阻带。其中矿区北部500m~550m的近EW向的高阻带,对应于I号矿化蚀变带北西向低阻带;而NW向的高阻带在北端与EW向高阻带相交,其走向延伸稳定,推测为



隐伏的矿化蚀变带。在矿区中部 250m ~ 300m 的 EW 向高阻带则与 II 号矿化蚀变带存在空间对应关系。矿区南部的高阻异常带较为分散,且全部为农田覆盖,目前还难以作出解释。

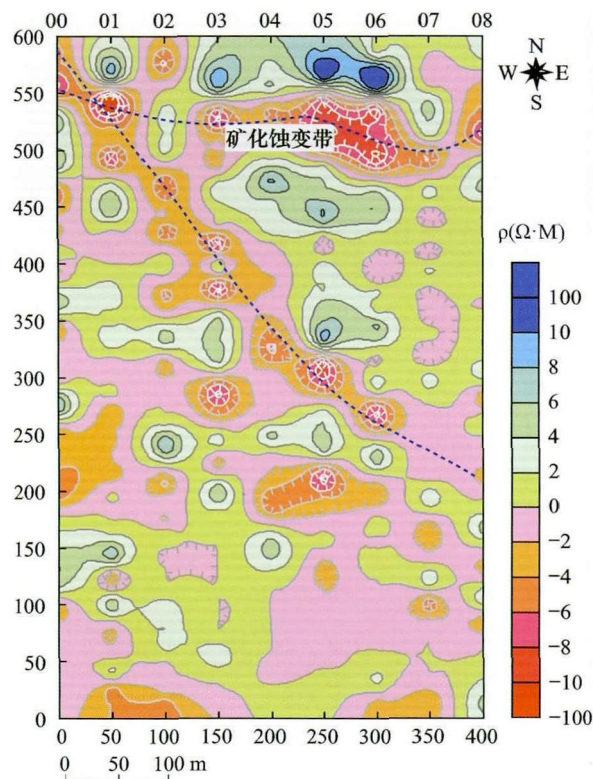


图 2 老国营子矿区甚低频 (VLF) 异常平面图及其解释  
Fig. 2 Very low frequency (VLF) anomaly plan and its interpretation in Laoguoyinzi deposit area

可以看出,本矿区的矿化带主要表现为高阻异常,这可能主要归因于矿化系统的强烈硅化。尽管老国营子矿区一带被第四纪松散堆积和土壤覆盖较为严重,但上述甚低频扫面对矿区的隐伏断裂系统做出了清晰的刻划,这项工作不仅检验了该方法对探测对象的有效性,而且也追索出已知矿化系统的走向,进而为后续的 EH4 测深、激电测深与扫面提供了部署和追索方向。

### 3.2 音频大地电磁法 (EH4) 与异常解释

本次运用的音频大地电磁法测量采用美国 Geometric 公司生产的 EH4 连续电导率成像系统,这一系统近年来在国内的找矿工作中得到了很好的应用 (刘红涛等, 2004)。测量时,发射天线距接受机 260m,发射和接收保持同步。在测量过程中,将电极深插入地下并浇水,以保证良好的接地;为了减少风动的影响,将磁棒用土掩埋;对测量结果不好的点

进行重复测量等。通过上述措施,保证了测量数据的可靠性。

#### 3.2.1 音频大地电磁法 (EH4) 测线部署

工作中部署了 1 条 EH4 测线。测线位置设定为与已经完成的 VLF 测线 04 线重合,点距为 20m。测线从已知矿化带露头处经过,通过对照分析已知矿化带露头与 EH4 测深反演影像的对应关系,来确定 EH4 测量对实际矿化带的地球物理判别特征。

#### 3.2.2 音频大地电磁法 (EH4) 测深剖面认识与解释

测量的 04 线的 EH4 影像显示 (图 3),矿化蚀变带主要表现为高阻异常带 (50m ~ 100m 区间, I 号矿带),这与 VLF 的测量结果完全一致。I 号矿带带近地表部分可能因土壤的覆盖而呈现为水平状含水的低阻层,向下逐渐过渡为高阻异常。该高阻异常的垂向延伸可达 -400m,因而推测矿化系统应有较大的延伸。在 200m ~ 400m 区间,剖面深部出现不规则状的高阻异常,而该区间包含了 II 号矿化带,因而我们推测此区间应当存在一定规模的蚀变矿化系统。

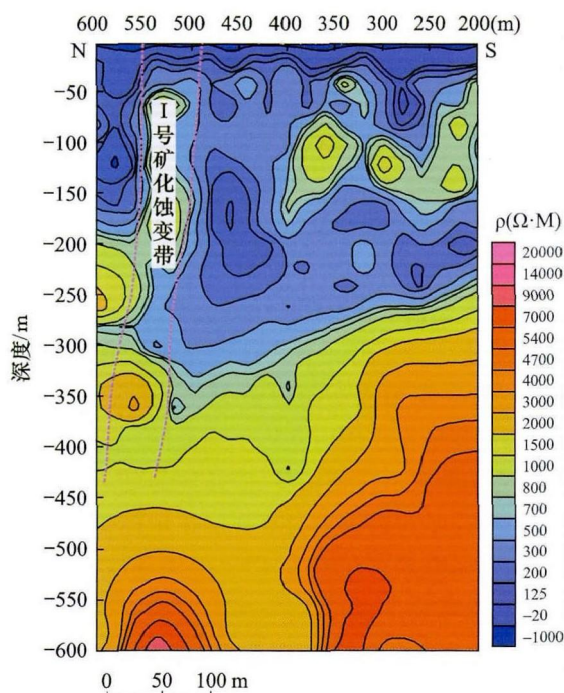


图 3 老国营子东区 04 线 EH4 测深影像及其解释  
Fig. 3 EH4 sounding image and its interpretation of the 04 line of the Laoguoyinzi deposit East area

### 3.3 激电 (IP) 中梯测量与异常解释

激发极化法 (又称激电测量) 是金属矿床预测及找矿勘查中最常用的地球物理方法 (刘家远等, 2007), 也是最有效的传统物探方法之一, 在寻找黑色、有色金属, 贵金属和稀有金属矿床等方面, 均发

挥过重要作用(傅良魁,1983;陈绍裘等,2002,2003;李金铭,2004;吴国学等,2006)。

### 3.3.1 激电(IP)测线部署

激电测量运用美国 Zonge 工程公司的 GDP-32 II 地球物理工作站进行快速扫面,圈定出含矿异常。采用的供电装置为美国 Zonge 工程公司生产的高达 30 千瓦的大功率发电机,在 AB 极的两侧并联了 20 根打磨过的电极,并将每根电极挖坑深埋,以保证接地效果良好。采用的装置参数为  $AB=1000\text{m}$ ,  $MN=20\text{m}$ , 供电周期为  $8\text{s}$ , 频率为  $0.125\text{Hz}$ , 占空比为  $1:1$ 。激电测网与甚低频(VLF)测网重合。测线方位为  $90^\circ$ , 共布置 3 条测线,分别为 02 线、04 线和 06 线。测线长度为  $300\text{m}$ (以基线为中心,两侧各  $150\text{m}$ ),采取线距  $50\text{m}$ 、点距  $10\text{m}$  的标准,测量范围覆盖为  $300\text{m} \times 400\text{m}$ 。

### 3.3.2 激电(IP)测量主要结果与认识

本次激电中梯测量获得了充电率、电阻率以及金属因子三个重要参数。对于一般的金属矿产而言,高充电率、低电阻率和高金属因子是金

属矿体的激电异常特征,尤以充电率和金属因子两个参数最为重要。为本次的激电中梯测量结果(图4)应该说激电的测量结果十分理想:

1) I 号矿化蚀变带表现为高充电率、高阻和高金属因子异常。激电测量所显示的高阻特征与 VLF 和 EH4 测量结果具有良好的耦合性。

2) 以上三参数异常图均显示 I 号矿化蚀变带为近 EW 走向,宽度约  $50\text{m}$ ,这与探槽揭露的情况一致。

3) 矿化系统表现为高阻-高极化特征,推测与矿化带的强烈硅化有关。同时也含有大量的硫化物。

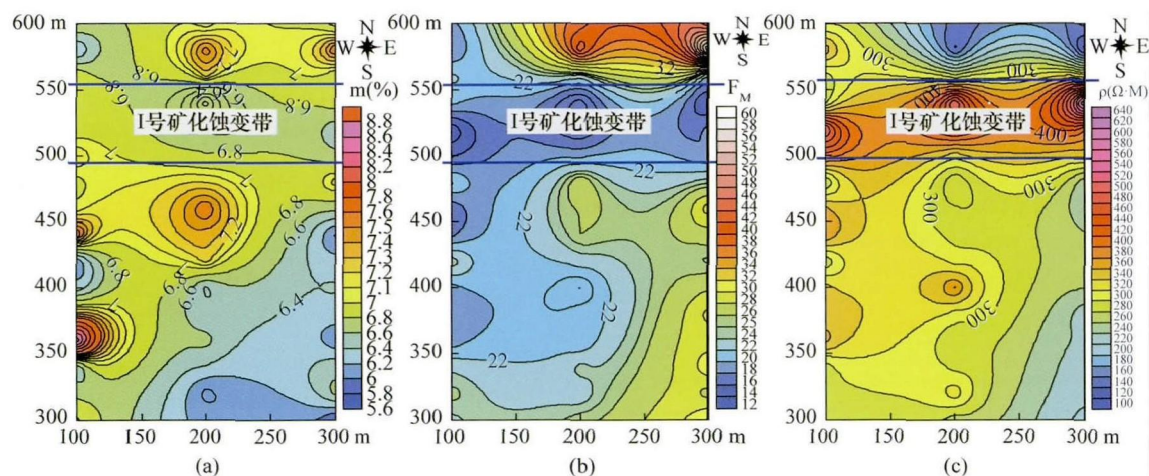


图4 老国营子矿区 02-06 线激电测量异常图及解释

Fig.4 Abnormal figure and explanation of the 02-06 line IP survey in Laoguoyinzi deposit area

a-充电率; b-金属因子; c-电阻率

a-charge rate; b-metal factor; c-resistivity

## 4 结论

(1)通过对老国营子金铜矿区的地质-地球物理勘查,确认它是一个矿化带宽度大于  $40\text{m}$ 、走向长度大于  $300\text{m}$ ,以 Au 为主的 Au-Cu 矿床,具有进一步深入评价的勘探潜力。

(2)甚低频扫面探测到第四系覆盖层之下发育 EW 向矿化构造系统,同时也发现了 NW 向完全隐伏的潜在矿化构造系统。

(3)EH4 和激电测深清晰地刻划出  $0\sim 600\text{m}$  范围内陡倾斜(总体倾角  $>65^\circ$ )、规模可观的高阻-高极化构造系统的基本形态、产状和规模,应为矿化系统。

## [References]

- Bai Da-ming, Nie Feng-jun, Jiang Si-hong. 2002. Feasibility of applying VLF-EM methods to exploration and evaluation of vein deposits: exemplified by exploration of gold, lead-zinc (silver) and fluorite deposits[J]. Mineral Deposits, 21(4):408-413 (in Chinese with English abstract)
- Chen Shao-qiu, Chen Can-hua. 2003. Application of induced polarization method to prospecting the fracture altered belts-type gold[J]. J. CENT. SOUTHUNIV. TECHNOL., 34(6):674-677 (in Chinese with English abstract)
- Chen Shao-qiu, Mei Xiao-ming, Xiao Zhi-qiang. 2002. Detection of scheelite using resistivity sounding method[J]. J. CENT. SOUTHUNIV. TECHNOL., 33(6):559-562 (in Chinese with English abstract)
- Fu Liang-kui. 1983. Electrical prospecting tutorial[M]. Beijing: Geological Publishing House:1-2 (in Chinese)

- Gao Fei, Zhang Li-jun. 2001. Application of synthetic geophysical prospecting methods to evaluation of collapse in Yunlin, Fushun[J]. *Geology and Resources*, 10(2):116-118(in Chinese with English abstract)
- Ji Guang-zhu, Zhou Qiang, Hou Guo-qiang. 2002. A very low frequency electromagnetic method for groundwater study [J]. *Ground water*, 24(1): 42-49(in Chinese)
- Jia Chang-shun, Zeng Qing-dong, Xu Jiu-hua, Yu Chang-ming. 2005. Application of comprehensive geophysical and geochemical prospecting technology in forecasting concealed ore body overburden by loess [J]. *Gold*, 26(7):8-11(in Chinese with English abstract)
- Li De-ting, Liu Hong-tao, Yuan Huai-yu. 2005a. The geological ore-forming feature and resource estimation of the silver polymetallic deposit in southeast part of Da Hingganling area[J]. *Geological Prospecting Review*, 20(4):269-275(in Chinese with English abstract)
- Li De-ting, Liu Jian-ming, Liu Hong-tao. 2005b. The great evolvement in finding polymetallic mine in south part of Da Xinganling area[J]. *China Mining Magazine*, 14(4):6-10(in Chinese with English abstract)
- Li Jin-ming. 2004. The induced polarization method technology guide [M]. Beijing: Geological Publishing House:1-4(in Chinese)
- Liu Hong-tao, Yang Xiu-ying, Yu Chang-ming, Ye Jie, Liu Jian-ming, Zeng Qing-dong, Shi Kun-fa. 2004. A case study in finding concealed ores by using geophysical exploration methods in combination of VLF-EM, EH4 and CSAMT [J]. *Progress in Geophysics*, 19(02):276-285(in Chinese with English abstract)
- Shi Bao-lian. 1986. A very low frequency electromagnetic method [M]. Beijing: Geological Publishing House:63-68(in Chinese)
- Wang You-qin, Su Yang-sheng, Liu Er-yi. 1997. The northeast regional stratigraphic [M]. Wuhan: China university of geosciences press: 58
- Wu Guo-xue, Li Shou-yi, Ren Yun-sheng, Chen Guo-hua, Wang Yong-xiang, Lv Zhi-gang. 2006. The main factors of orebody controlling and induced polarization of gold finding effecting in wulaga gold deposit[J]. *Progress in Geophysics*, 21(4):1248-1251(in Chinese with English abstract)
- Zhai Yu-sheng, Deng Jun, Li Xiao-bo. 1999. Regional Metallogeny [M]. Beijing: Geological Publishing House:191-197(in Chinese with English abstract)
- Zhang Shou-ting, Xu Zhan-zhang, Zheng Ming-hua. 1999. Application of VLF-EM to the location forecasting of ore[J]. *Geological Science and Technology Information*, 18(4):85-88
- [附中文参考文献]
- 白大明, 聂凤军, 江思宏. 2002. 甚低频电磁法对脉状矿床勘查评价的意义——以金、铅、锌(银)和萤石矿为例[J]. *矿床地质*, 21(4):408-413
- 陈绍裘, 陈灿华. 2003. 激发极化法探测断裂蚀变带型金矿[J]. *中南工业大学学报*, 34(6):674-677
- 陈绍裘, 梅小明, 肖志强. 2002. 用激电测深法探测白钨矿[J]. *中南工业大学学报*, 33(6):559-562
- 傅良魁. 1983. 电法勘探教程[M]. 北京:地质出版社:1-2
- 高飞, 张立军. 2001. 应用综合物探法勘查评价抚顺榆林局部塌陷区[J]. *地质与资源*, 10(2):116-118
- 姬广柱, 周强, 侯国强. 2002. 甚低频电磁法寻找地下水探讨[J]. *地下水*, 24(1):42-49
- 贾长顺, 曾庆栋, 徐九华, 于昌明. 2005. 综合物化探技术在黄土覆盖区隐伏金矿体预测中的应用[J]. *黄金*, 26(7):8-11
- 李德亭, 刘洪涛, 袁怀雨. 2005a. 大兴安岭南段龙头山银铅锌多金属矿床成矿地质特征与远景评价[J]. *地质找矿论丛*, 20(4):269-275
- 李德亭, 刘建明, 刘洪涛. 2005b. 大兴安岭南段寻找有色金属矿产取得突破性进展[J]. *中国矿业*, 14(4):6-10
- 李金铭. 2004. 激发极化法技术指南[M]. 北京:地质出版社:1-4
- 刘红涛, 杨秀瑛, 于昌明, 刘建明, 叶杰, 曾庆栋, 石昆法. 2004. 用 VLF、EH4 和 CSAMT 方法寻找隐伏矿——以赤峰柴胡栏子金矿床为例[J]. *地球物理学进展*, 19(02):276-285
- 史保连. 1986. 甚低频电磁法[M]. 北京:地质出版社:63-68
- 王友勤, 苏养正, 刘尔义. 1997. 东北区区域地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社:58
- 吴国学, 李守义, 任云生, 陈国华, 王永祥, 吕志刚. 2006. 乌拉嘎金矿主要控矿因素与激电法找金效果[J]. *地球物理学进展*, 21(4):1248-1251
- 翟裕生, 邓军, 李晓波. 1999. 区域成矿学[M]. 北京:地质出版社:191-197
- 张寿庭, 徐旃章, 郑明华. 1999. 甚低频电磁法在矿体空间预测中的应用[J]. *地质科技情报*, 18(4):85-88

## Geological and Geophysical Exploration and Research in the Laoguoyingzi Au-Cu Deposit, Inner Mongolian, China

CHEN Wei-jun<sup>1</sup>, JIANG Xin<sup>2</sup>, HONG Wan-hua<sup>3</sup>

(1. Institute of Mineral Resources Research, China Metallurgical Geology Bureau, Beijing 101300;

2. School of Earth Science and Resources, China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083;

3. 103 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development, Tongren, Guizhou 554300)

**Abstract:** Laoguoyingzi Au-Cu deposit in Inner Mongolia is newly discovered in recent years by the use of geophysical methods. The use of geophysical methods on the basis of the principle of electromagnetic (very low frequency measurement (VLF), audio ground electromagnetic method (EH4), IP measurement (IP)) for testing. The results show that the VLF survey found nearly EW and NW to high resistance band, in both directions corresponding to the two corresponding mineralized alteration zone. EH4 imaging shows that the high mineralized alteration zone is characterized by high resistance zones, consistent with the measurement results of VLF. The IP measurement shows that mineralization alteration belt with high charge rate, high resistance and the characteristics of the metallic factor anomalies. The combined use of three kinds of geophysical methods in the Laoguoyingzi Au-Cu mining area, together with the specific geological features, for under the cover of concealed ore body has obtained very good effect.

**Key words:** geophysical exploration, VLF, EH4, IP, Laoguoyingzi